

リオンメンサンファイライフン
龍門山飛来峰の地質構造

Geologic structure of Longmen-Shan Klippe

龍 学 明*
LONG Xue-ming*

Abstract

It has been well known that the klippe structures are developed on a great mountain range of Longmen-shan extending from NE to SW in the northwestern margin of Sichuan Basin, southwest China. The mountain range is divided into three zones by two abyssal faults, and the distribution of klippe structure is restricted to the middle and southern parts of the Longmen-shan marginal depression zone being one of the three zones.

The klippe proper consists of Devonian and Permian limestone and dolomite, which are folded to form mostly synclines. Underlying foundation of klippe is composed of relatively less indurated Triassic sandstone and shale, which are also folded. Sliding surfaces between above two are curvi-planar in shape and inclined toward centre of each klippe.

Development of these klippe structures might be closely related to the uplift of its back land, that is a great uplifting of the back land could prepare the sliding surfaces and supply the sliding energy for the klippe. A gravity-gliding hypothesis will give the best interpretation to the remarkable features of Longmen-shan klippe structures such as basinal shape of sliding surface, synclinal structure of most of klippe, and fairly high-angled sliding surface, etc.

Since the most of klippe is riding on the Triassic formation, they might be formed by the Indo-sinian movement which would be especially violent in Longmen-shan area.

リオンメンサン
龍門山は中国における有名な山脈の一つである。地質学的にはリオンメンサン
龍門山は中国の東西両側の大地構造単元の境界の一部であり、また、ここには著名な飛来峰構造(nappe, klippe)があり、40年代から調査が行われてきた。また、種々の資料にもとづいて、龍門山の構造特徴を検討したいくつかの論文もある。しかし、龍門山はきびしい山なので、不明な所がたくさん残っており、龍門山の飛来峰について詳しく討論されたものはすくない。本文ではこれまでの研究に筆者のデータを加えて、若干の考察を述べる。不十分な点が多々あると思うがご批判を頂きたい。

* 中華人民共和国成都地質学院。現在新潟大学理学部地質鉱物学教室。

* Chengdu Geological College, Chengdu, People's republic of China. Present address: Department of geology and mineralogy, Niigata University, Niigata, 950-21 Japan.

I 地理的位置

龍門山は四川盆地の西北縁にあって、東北—南西方向にのびる山脈である。長さ 500 km、幅は数 10 km で、四川盆地の北西縁の偉大な山である。東北の広元県から南西に江油・綿竹・灌県・大邑・宝興・天全を経て、瀘定に及んでいる(図 1)。龍門山はまた、中国の東側と、西側の青蔵高原との境界でもある。四川盆地の高さは一般に数百メートル、龍門山は 1000 - 3000 メートル以上、さらにその西は世界の屋根とよばれる青蔵高原になる。

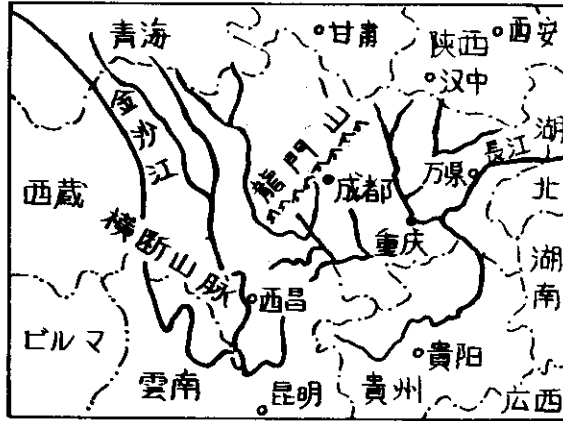


図 1 龍門山位置図

II 区域地質

大地構造からみると、龍門山は東側の瀕太平洋構造域と西側のテチス—ヒマラヤ構造域の境界である。詳しくいえば、楊子準台地と松潘甘孜印支褶曲帯の境界である(図 2)。

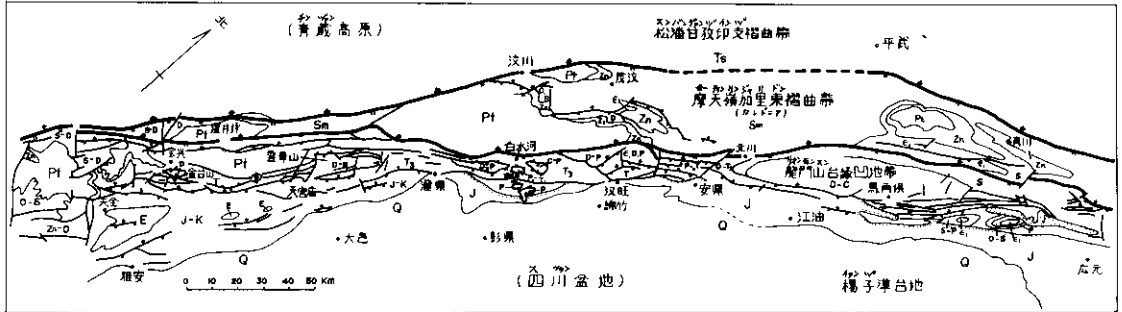


図 2 龍門山地質構造略図

E - 下部第三系, Ts - トリアス紀の変成岩,
 Sm - シルル紀の変成岩, Pt - 原生代の変成
 岩, 粗線 - 深部断裂, 中等粗線 - 普通断裂, 細
 線 - 地層界線, (辺兆祥・他, 1979を修編)。

龍門山は、二つの深部断裂によって、三つの部分に分けられる。深部断裂のひとつは北川—宝興深部断裂(いわゆる龍門山深部断裂)で、他は青川—汶川深部断裂である。北川—宝興深部断裂の東

南側は楊子準台地の縁辺凹地帯である。基盤は原生代の変成岩によって構成される。被覆層の堆積物には変質がみられず、火成活動は弱い。地殻運動は昇降運動を主としており、褶曲運動は比較的少ない。青川—汶川深部断裂の北西側はテチス—ヒマラヤ構造域に属する松潘甘孜印支褶曲帯である。ここにトリアス紀の変質岩がよく発達する。この二つの深部断裂の間は暫定的にカレドニア褶曲帯とされている。そのなかには広く原生代の変成岩が露出し、楊子準台地の基盤岩に属していると思われる。

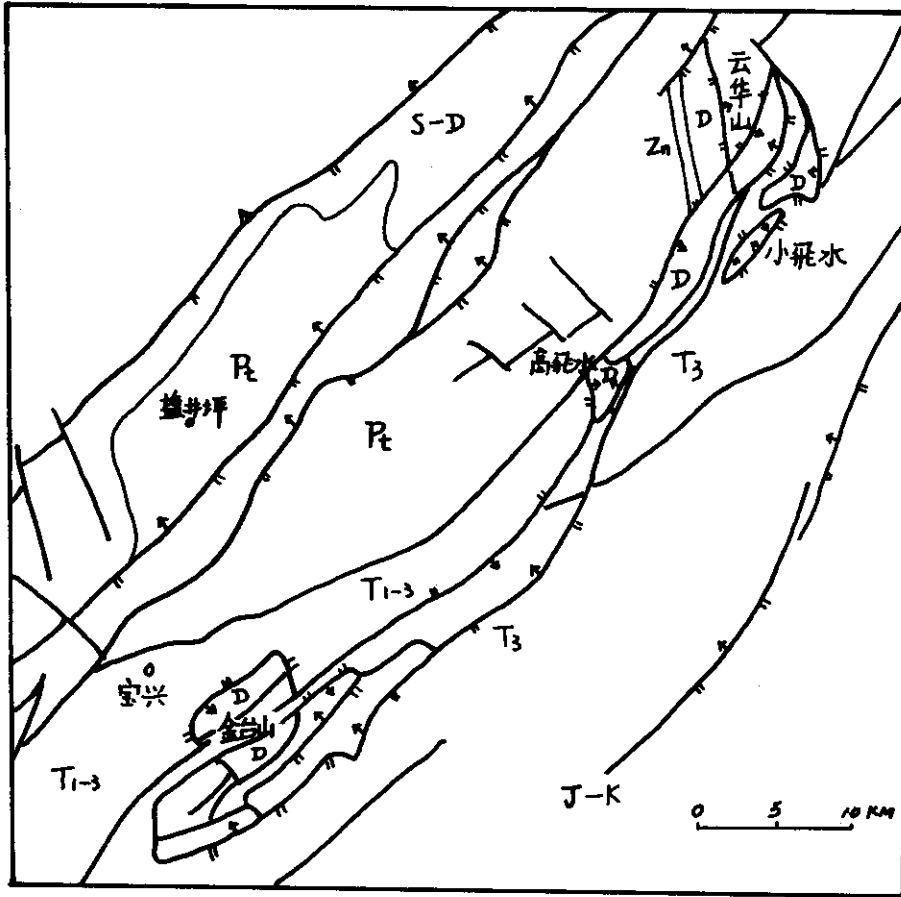


図3 龍門山北部馬角埧地域地質構造略図
(辺兆祥・他, 1979を修編)

飛來峰と密接な関係にあるのは龍門山の縁辺凹地帯である。構造的な特徴によって、この帯はさらに綿竹と灌県とを境界として、北部・中部・南部の3つの部分に分けられる。北部は綿竹の東北側で、主として複雑な“疊瓦状”という断裂系である(図3)。中部は主に飛來峰構造である(図4)。南部は地層が北部とよく似ているが、飛來峰を主とするという特徴がある。(図5)

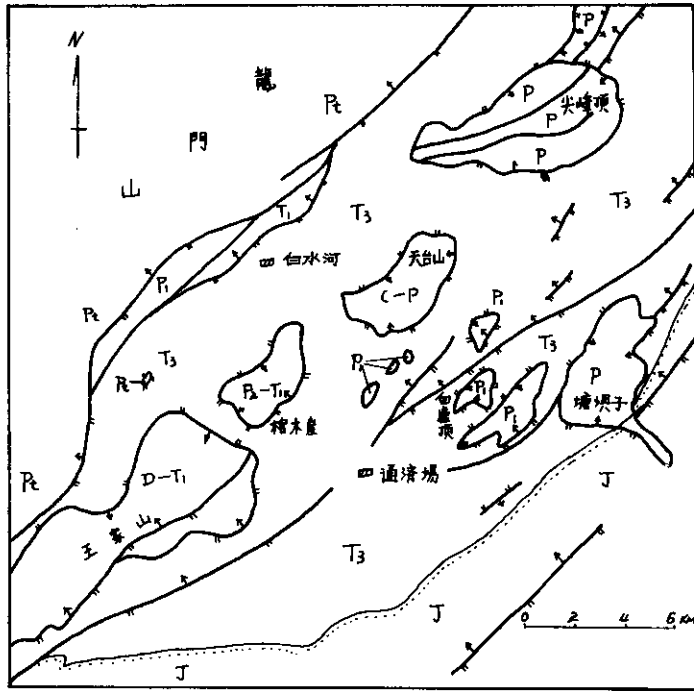


図4 龍門山中部地質構造略図
(四川省地質局二区測隊による)

この地区の地層には、北部は上部震旦系(Zn)・下部カンブリア系(E_1)・シルル系(S)・デボン系(D)・石灰系(C)・ペルム系(P)・トリアス系(T)・ジュラ系(J)などがあるが、とくにデボン紀の地層がよく発達している。中部地域に露出する地層は中部と上部デボン系・ペルム系・トリアス系などである。南部は北部とよく似ていて、ただ下部カンブリア系が欠けているだけである。ジュラ系と下位の古い地層の間は傾斜不整合である。ジュラ系などの地層と第四紀の地層とは傾斜不整合である。これら以外の地層の関係は整合または平行不整合である(図2)。

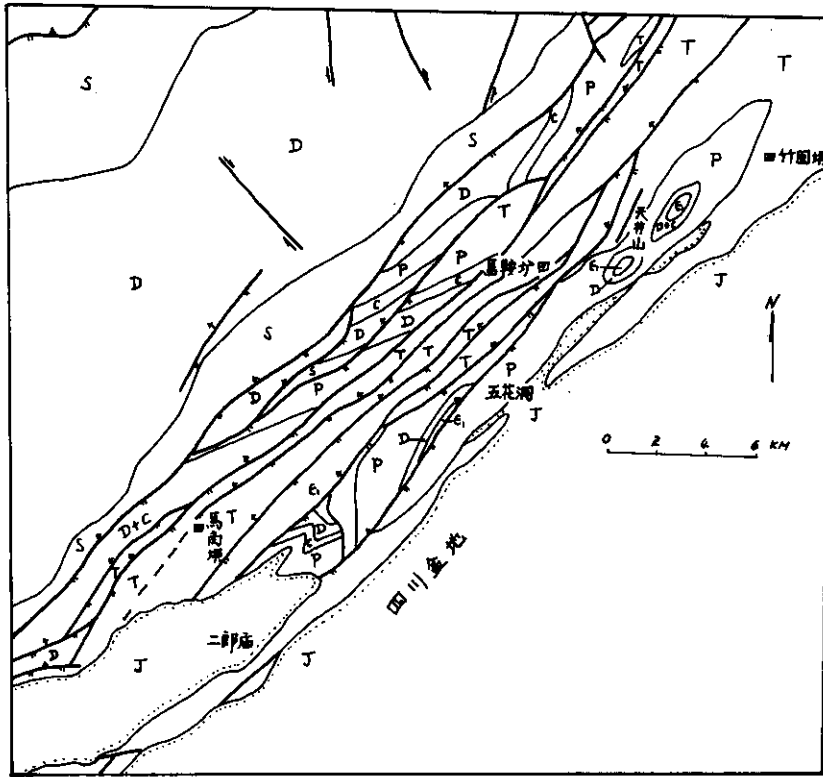


図5 龍門山南部地質構造略図
(四川省地質局二区測隊による)

III 飛來峰の構造

まず飛來峰の構造に関する言葉について述べておく(図6)。

図6のように、ほかの場所から滑動してきた岩塊を飛來峰という。飛來峰の乗っている原地部分を土台という。飛來峰と土台との間の面を滑動面という。

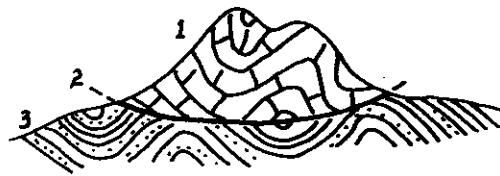


図6 飛來峰の構成要素
1. 飛來峰, 2. 滑動面
3. 土台

龍門山の飛來峰は龍門山の中部と南部にだけ発達する。すなわち、主として彭県と灌県と宝興である。飛來峰の数は大小あわせて数10に達する。飛來峰の配列はほぼ龍門山の伸びの方向に一致し、東北—南西の方向である。大きいものは100 km²以上あり、小さいものはわずか1 km²以下である。たとえば、有名な彭県白鹿頂飛來峰は面積1 km²ほどであり、水磨—雄黃関飛來峰は100 km²以上になる(表1・図4・図5)。

飛來峰はほとんどデボン系・石灰系・ペルム系(わずかに下部トリアス系)の炭酸塩岩類(石灰岩・白雲岩など)から構成される。飛來峰は孤立した饅頭のような山で、上部トリアス系の石炭を含む地

表1 龍門山における飛来峰

名 前	飛 来 峰				滑 動 面 傾 斜 面	土 台		
	面 積 (km ²)	時 代	岩 性	構 造		時 代	岩 性	構 造
白 鹿 頂	1.2	P	石灰岩	/	20°	T ₃	頁岩, 石灰 砂岩	褶 曲
天 台 山	8	C・P	"	褶 曲	25°	"	"	"
尖 峰 頂	25	P	"	褶曲断層	/	"	"	"
塘 堤 子	10	P	"	/	20°	T ₃ ・J ₁	"	"
棺 木 崖	6.5	P・T ₁	"	向 斜	25°	T ₃	"	"
王 家 山	40	D・P・T ₁	石灰岩 白雲岩	向 斜	35°-55°	"	"	"
後 堤 溝	1以下	Pt	花崗閃緑岩	/	/	"	"	"
相 麻 坡	30	D・P・T	石灰岩 白雲岩	向 斜	30°-45°	"	"	"
雄 黄 関	100以上	D・P・T	"	向 斜	60°	"	"	"
金 台 山	21	D・P	"	向 斜	20°	T ₁ ・T ₃	石灰岩 砂, 頁岩	"
観 音 山	21	/	/	/	/	/	/	"
雲 華 山	12	D	"	/	/	"	"	"
紅 林 山	6	D	"	/	/	"	"	"
小 飛 水	5	D	"	/	/	"	"	"
高 飛 水	6	D	"	褶 曲	15°	"	"	"

そのほか, 1 km² 以下の飛来峰がたくさんある

層の上ののり, 特徴的な地形をつくっている(図7・図8・図9)。

飛来峰の内部構造は主として褶曲で, 特に向斜構造である。滑動面の付近では, ある場合は強く変形を受け, たくさんの引ずり褶曲がよく発達する(彭県棺木崖飛来峰—図7)が, 変形の弱い場合もある(彭県王家山飛来峰の一部—図8)。飛来峰に見られる小褶曲の軸面は大体北西に傾斜して, 龍門山の伸びの方向に直交している。

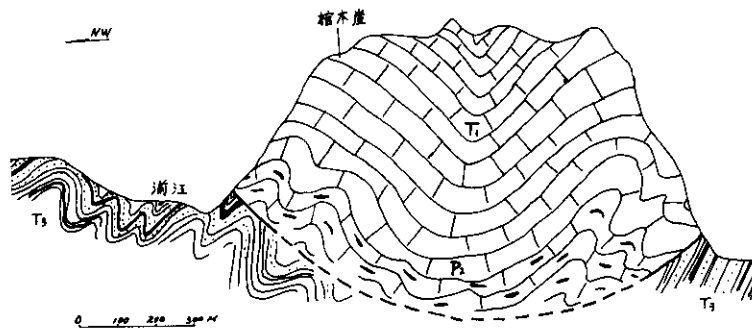


図7 龍門山中部棺木崖飛来峰断面図

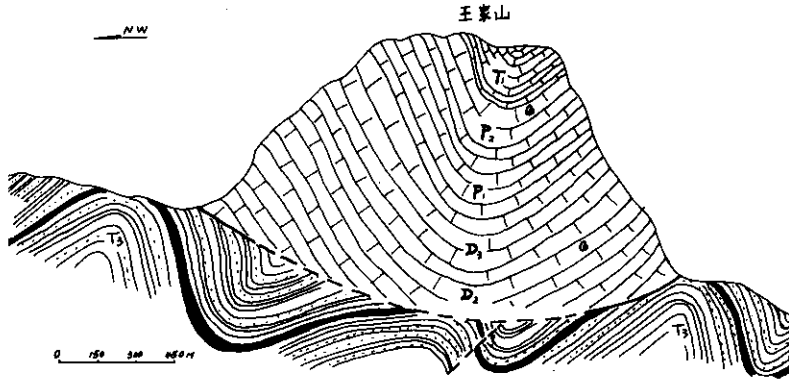


図8 龍門山中部王家山飛来峰断面図

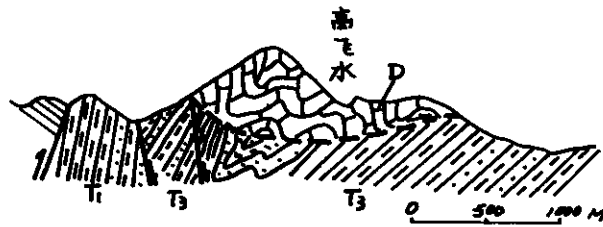


図9 龍門山南部高飛水飛来峰断面図
(四川省地質局二区測隊による)

飛来峰の滑動面は、傾斜方向がすべて飛来峰の中央に向いていて、傾斜角は飛来峰の大きさによって異なっている。規模の大きいものほど滑動面の傾斜角が大きくなるという傾向がみられる(表1)。滑動面の西側には強い破碎帯は発達していない。節理は他の部分よりよく発達している。

土台は上部トリアス系の砂岩・頁岩から構成され、いろいろな形態の褶曲構造をつくっている。

IV 飛来峰の形成条件

龍門山地域に発達する飛来峰は主に炭酸塩類の岩石によって構成されている(ごくまれに花崗閃緑岩の場合もある)。土台はやわらかい頁岩・石炭・砂岩などである(図4・図5・図7・図8・図9)。

今まで中国のはかの地域で発見された飛来峰の多くは石灰岩によって構成される。たとえば、チベット地域には多数の飛来峰があるが、パバツアドン 巴巴札東飛来峰(図10)・ゲンジュ 岡久飛来峰・ツウムレンマフン 珠穆朗瑪峰(エベレスト)飛来峰などは石灰岩からなっている。雲南省西部の一部の飛来峰も同じである。土台はすべてやわらかい頁岩・石炭・岩塩・砂岩などから構成される。

以上に述べたように、飛来峰の形成条件には岩石の性質が関係している。飛来峰を構成する岩石は相対的に硬い岩石で、飛来峰の存在に必要である。土台を構成する岩石はやわらかい岩石で、飛来峰の滑動に必要である。

この地域については、後背地に広く原生界の露出する地域に飛来峰がよく発達する。中部における飛来峰の後背地帯はダーボオサン 大宝山雑岩という原生代岩石であり、南部における飛来峰の後背地帯はボオシン 宝興

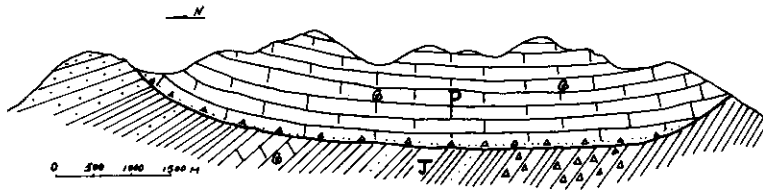


図10 チベット仲巴県巴々礼東飞来峰断面図
(潘裕生, 1980による)

雑岩という原生代岩石である。したがって、龍門山の飞来峰の発生と発展は、後背地帯の強い上昇にも密接な関係があると考えられる。後背地帯の上昇は飞来峰の滑動に斜面とエネルギーを提供したものであろう(図2)。

もうひとつの条件は強い構造運動である。この地域ではトリアス紀の後の印支運動によって、それ以前の地層が褶曲や断裂を受け、ジュラ系によって傾斜不整合に覆われる。このあと、第四紀前にもう一度構造運動(ヒマラヤ運動)があって、ジュラ系下部第三系も褶曲、断裂を受けた。この2度の構造運動によって、北川—宝興深部断裂の北西側は高く上昇して、飞来峰の滑動の斜面を形成した。

V 飞来峰形成の原動力

これまでのところ、本地域における飞来峰形成の原動力については二つの解釈がある。

1. 冲断層説(伝統的な説)

強い構造運動によって、北川—宝興深部断裂に沿う上盤が大規模に上昇したため、デボン系・ペルム系などが上部トリアス系の上に衝上し、その後の侵食・風化などにより、上盤の残った部分が飞来峰になった(図11)。

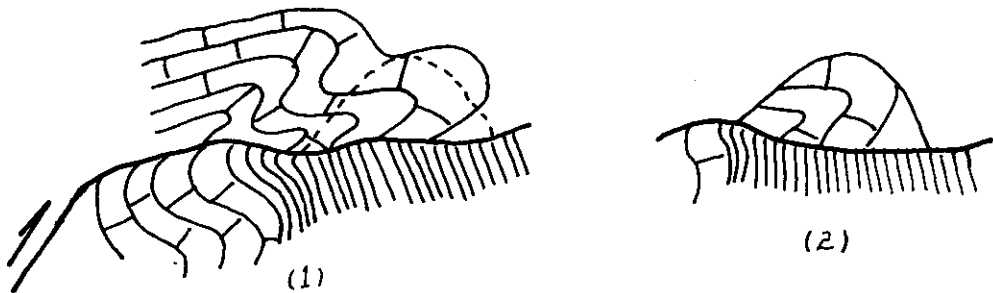


図11 逆断層による飞来峰の形成概念図
(1)上盤の大規模な移動。(2)侵食による飞来峰の形成。

2. プレート説：太平洋プレートは東アジア大陸プレートの下に沈み込んで、強い圧力が生じた。この圧力によって、揚子プレートは北川—宝興深部断裂に沿って、沈み込みながら、強く変形し、大量のデボン系・ペルム系などがはぎとられ、複雑な褶曲構造が形成され、侵食・風化などによって、飞来峰が形成された(図12)。

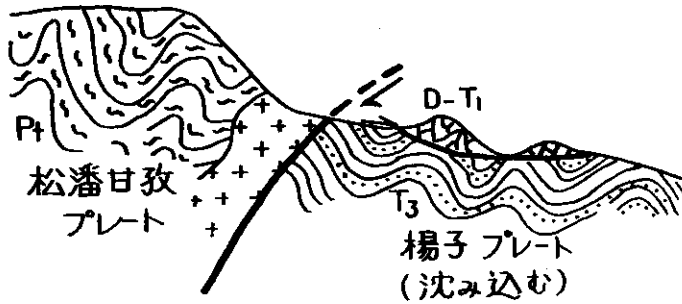


図12 プレート沈み込みによる飛来峰の形成概念図

3. 筆者の見解

筆者は、この地域の具体的な地質と地形などの特徴にもとづいて、龍門山飛来峰は主として重力によって形成されたと考えている。De Sitter の重力滑動構造に関するいくつかの特徴に比べて、以下のような理由をあげることができると思われる。

1) 龍門山飛来峰の発達する地域には、とくに中部には盆地に向かう著しい地形斜面が存在して、飛来峰は盆地に向かって、だんだん低くなっている。この斜面は飛来峰の滑動に重力エネルギーを提供したと考えることができる(図13)。

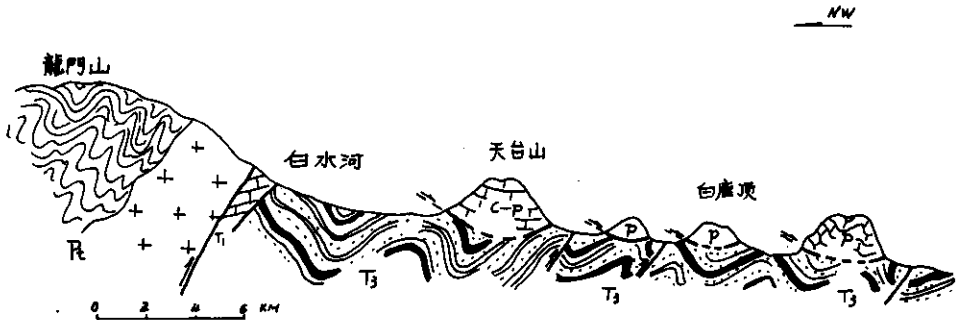


図13 龍門山中中部概念断面図

龍門山地域では2度の褶曲・断裂運動があった。北部では、強く変形され、多数の逆断層が形成されたけれども、後背山地は強く上昇しなかったために、飛来峰は形成されなかった。同様の構造運動によって、南部・中部では後背山地が強く上昇して、広い面積の原生代の地層が露出し、同時に飛来峰の滑動の斜面も形成した。この斜面には二つの意味がある。ひとつは衝上する部分の底部剪切断面であり、もうひとつは後背地帯の上昇で生じた盆地に向かう地形斜面である。まず、飛来峰は底部剪切断面に沿って滑動しはじめ、あとで前面の地形斜面に沿って滑動している。したがって、飛来峰を形成した直接の原因は重力であると思われる(図16)。

2) 龍門山の飛来峰は大部分向斜構造(複向斜)を呈している。これは重力での滑動によって、倒転翼側に向斜が形成されやすいからである(図14)。反対に衝上断層では向斜構造は破壊されやすい(図15)。

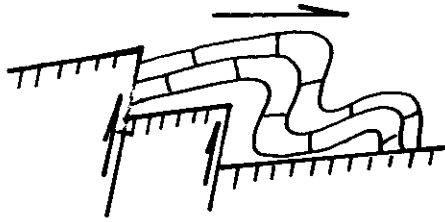


図14 重力による向斜の形成概念図

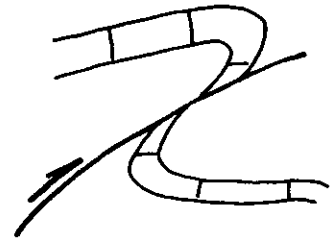


図15 逆断層による向斜の破壊概念図

3) 現在の飛来峰の後背地における二つの深部断裂(実は断裂系)は大きく傾斜して、すくなくとも $70^{\circ}-80^{\circ}$ ほどであり、ある場所では垂直になっている。このような高角の衝上断層で飛来峰を形成するという解釈はきわめて困難である。

4) 飛来峰の滑动面の傾斜角はゆるくなく、すくなくとも 20° 以上である。飛来峰が大規模なほど傾斜角が大きくなるという傾向がある。これは、相対的に硬い飛来峰が滑动しながら、やわらかい岩石に自重でめり込むからである。

5) 飛来峰の内部には大きな横断々層は発達しない。これは両側から飛来峰に著しい水平の圧力がなかったことを示す。

6) この地域における飛来峰は、これを構成する地層も構造もそれぞれ異なり、一様ではない。これは重力が各岩塊に独自に作用した結果であると考えられる。

以上に述べたように、龍門山地域における飛来峰の形成過程においては、重力が重要な意味を持っている。もちろん、両側の水平圧力は重力滑動の発生する斜面の形成にとって重要な原因である(図16)。

VI 飛来峰の形成時代

龍門山の飛来峰の形成時代論はむずかしい問題である。印支とヒマラヤ運動によって、それぞれの構造を形成したとも考えられるが、相互に影響して、構造を形成したとも考えられる。これから、構造の形成された時代を判定することが難しく、したがって、いろいろな考え方があ。ヒマラヤ運動でできたものと

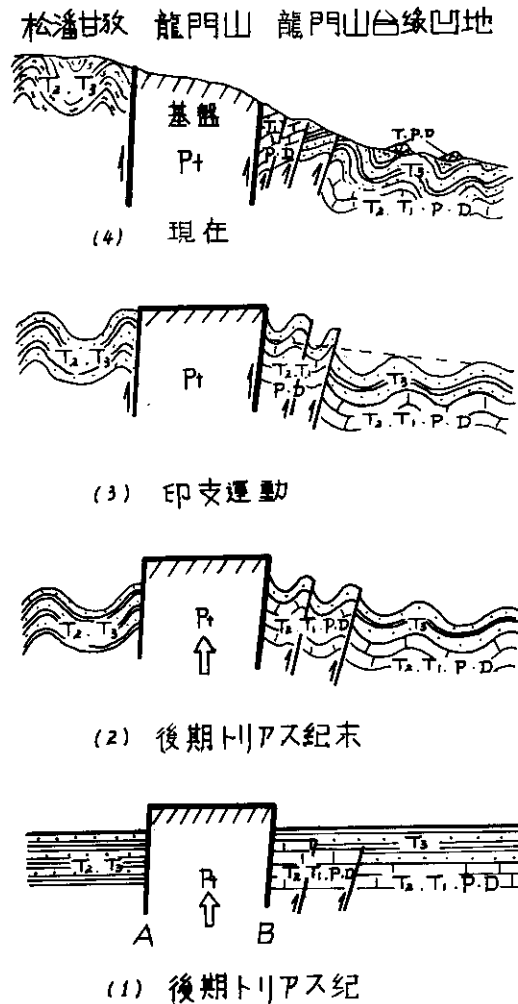


図16 龍門山飛来峰の形成模式図

- A 青川-汶川深部断裂
- B 北川-宝興 " "
- … 底部剪切面および地形斜面

燕山運動でできたものと印支運動からヒマラヤまでできたものとの三つの考え方がある。

この地域における上部トリアス紀以前の地層はジュラ紀の地層によって傾斜不整合に覆われる。これは印支運動の強い影響があったことを示す。同時に松潘甘孜地域でも強く褶曲を受けて、上昇してきた。また、99パーセント以上の飛來峰は上部トリアス紀の砂岩・頁岩・石炭の地層の上ののっている、ジュラ系の上にはほとんどののっていない。このことから、龍門山の飛來峰は主として、印支運動で形成されたと考えられる。その当時は、上部トリアス系は形成されたばかりなので、飛來峰は滑動しやすかったのであろう。

ごくまれにジュラ系の上に飛來峰がのっている場合がある(塘坝子飛來峰の一部一図4)。これは印支運動のあと、ヒマラヤ運動によって、ジュラ系に近い部分が再び運動した結果であると考えられる。そのほか、ヒマラヤ運動が再び印支運動によりできた構造を改造したので、構造運動の時期をはかるのは難しくなった。

謝 辞

この小論は昨年の構造地質研究会の夏の例会と京都大学理学部地質鉱物学教室で講演したものであって、いろいろの方からご意見をいただいた。講演および本文の原稿は、新潟大学の植村 武教授に読んでいただき、ご教示を賜わった。文内の図を作る際には、主に私の学院の辺兆祥教授・他の文章を参考にした。ここに皆様に感謝をする次第である。

参考文献

- 辺兆祥・朱夔玉・金以鍾・賈疏源(1979) 四川龍門山印支旋迴構造発展特徴。成都地質学院編。
狄塞特尔(Desitter). L. U(1956) 構造地質学。張文佑訳、科学出版社。
候徳封・楊敬之(1941) 北川綿竹平武間地質。地質△△刊, 第三期, 四川省地質調査所編。
李行健・許仲路(1980) 滇西北喜馬拉雅期的飛來峰構造。構造地質論文摘要, 成都地質学院編。
潘裕生(1980) 西藏的推覆構造及其地質意義。地質科学, 1980, 第1期, 中国地質科学院編。
潘鍾祥・肖有鈞(1942) 四川西部煤田地質。地質△△刊, 第四期, 四川省地質調査所編。
王振榮(1979) 四川盆地西部地質構造与含油氣远景。構造地質論文集, 成都地質学院編。
朱森・吳景禎・葉連俊(1941) 四川龍門山地質。地質△△刊, 第四期, 四川省地質調査所編。